

УДК 621.821:621.316

САМООРГАНИЗАЦИЯ СМАЗОЧНЫХ СЛОЕВ ПРИ ГРАНИЧНОМ ТРЕНИИ

**С.В. КОРОТКЕВИЧ, С.М. МАРТЫНЕНКО,
В.В. КРАВЧЕНКО, М.В. ПАРАМОНОВ**

*Государственное научное учреждение «Институт
механики металлополимерных систем имени В.А. Белого НАН
Беларуси», г. Гомель*

Известно, что под самоорганизацией трибосистемы понимается наличие обратной связи, посредством которой трибосистема подстраивается под изменение внешних, как правило, нагрузочно-скоростных факторов. Известны основные признаки самоорганизации трибосистемы [1]: 1) система должна обмениваться энергией с внешней средой; 2) физические параметры, описывающие трибосистему, должны быть нелинейны; 3) система должна быть неустойчивой, чтобы перейти в новую кинетическую фазу с наименьшей энергией.

Смазочный материал является неотъемлемой частью трибосистемы. Основная функция смазочного материала – эффективное снижение энергетических потерь при трении контактируемых тел. Сохранение смазочной способности ГСС и изучение механизмов его самоорганизации при жёстких нагрузочно-скоростных режимах испытаний является одним из основных условий его эксплуатационной надёжности.

Были разработаны четырехпроводные электрические схемы (рис. 1) и методики электрофизического зондирования [2], позволяющие проводить испытания в широком диапазоне скоростей и нагрузок. Оценивалась противозадирная стойкость смазочных материалов на машине трения СМТ-1 по схеме вал – частичный вкладыш (рис. 2). Регистрация электрической проводимости, момента трения, нагрузки, температуры осуществлялась синхронно при помощи АЦП на ЭВМ в режиме реального времени. В качестве модельной среды смазочных материалов использовалось инактивное вазелиновое масло (ВМ).

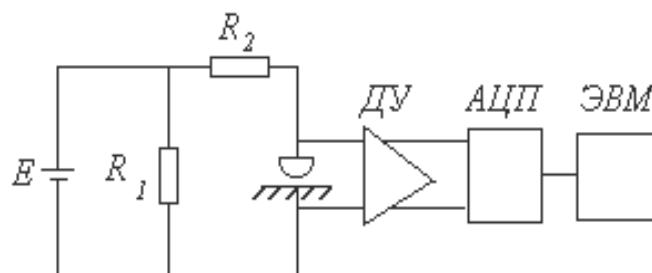


Рис. 1. Четырёхпроводная электрическая схема измерения контактного сопротивления: R_1 , R_2 – подстроечные сопротивления; ДУ – дифференциальный усилитель, АЦП – аналоговый цифровой преобразователь; ЭВМ – персональный компьютер

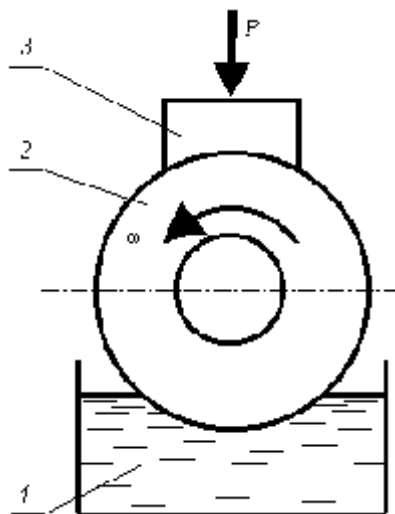
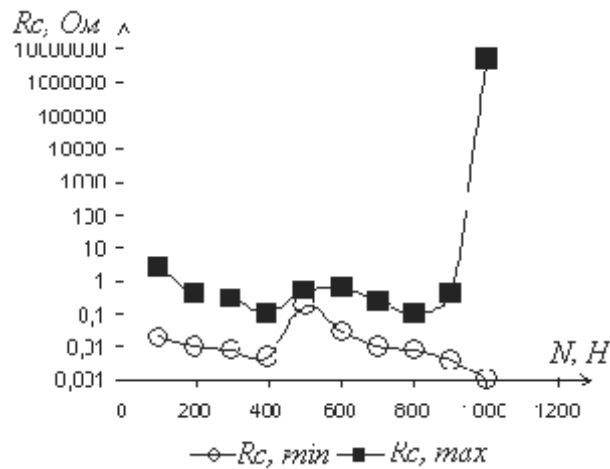
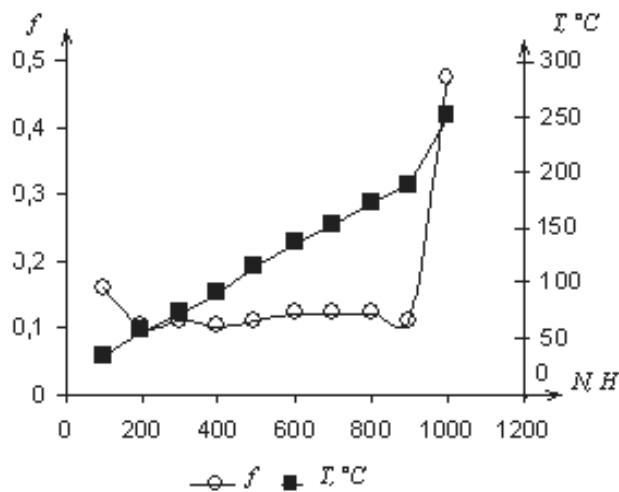


Рис. 2. Схема нагружения: 1 – ёмкость со смазочной жидкостью; 2 – ролик (вал); 3 – образец «частичный вкладыш»

Проведено исследование триботехнических свойств вазелинового масла в качестве модельной (базовой) смазочной среды. При ступенчатом увеличении контактных нагрузок до 300–400 Н (рис. 3) для инактивного ВМ одновременно регистрировалось ступенчатое снижение уровня контактного сопротивления (R_c), что обусловлено вытеснением молекул смазки из контактного зазора и утонением толщины физически адсорбированного смазочного слоя [3]. После снижения уровня контактного сопротивления на каждой ступени нагрузки затем отмечалось его увеличение в режиме реального времени. При фиксированной нагрузке наблюдался осциллирующий во времени равновесный процесс формирования и разрушения физически адсорбированного смазочного слоя. Дальнейшее ступенчатое увеличение нагрузки привело к синхронному ступенчатому увеличению R_c . Изменение характера зависимости R_c от нагрузки обусловлено окислением ВМ (температура на поверхности сопряженных тел порядка 60 °С) и его термической деструкцией, структурными и триботехническими изменениями характеристик ГСС. Происходит фазовый переход физически адсорбированного в хемосорбированный слой. Данные, полученные методом дифференциально-термического анализа, подтверждают деструкцию углеводородного масла [4]. Установлено, что в результате ужесточения нагрузочного режима испытания смазочного материала происходят структурные изменения ГСС, приводящие к его самоорганизации, в результате которой прочностные свойства его повышаются, а антифрикционные – несколько снижаются. В результате послойного ионного травления методом РФЭС установлено, что толщина хемосорбированного слоя ВМ при его термообработки (200 °С в течение 2 часов) составляет порядка 1 нм [5].



а)



б)

Рис. 3. Анализ триботехнических характеристик для смазочной среды: а – зависимость контактного сопротивления от нагрузки; б – зависимость коэффициента трения и температуры от нагрузки для смазочной среды, представленной вазелиновым маслом

Дальнейшее увеличение нагрузки приводило к рассогласованию процесса формирования и разрушения хемосорбированного смазочного слоя, о чем свидетельствует снижение уровня контактного сопротивления, хотя коэффициент трения при этом не изменяется. Снижение R_c до уровня расчетного сопротивления стягивания (порядка 1 мОм) означало разрушение хемосорбированного слоя, а также оксидной пленки и появление металлического контакта между сопряженными поверхностями [6]. Нарушение сплошности хемосорбированного слоя приводило к заеданию и задиру поверхностей трения, сопровождающимся локальным во времени интенсивным износом сопряженных тел. Температура на поверхности тел при этом составила порядка 250 °С. Коэффициент трения при этом составил порядка 0,47. Образование частиц износа между контактными поверхностями приводило к их разделению, что сопровождалось резким увеличением значений контактного сопротивления до его верхней границы порядка 6000000 Ом.

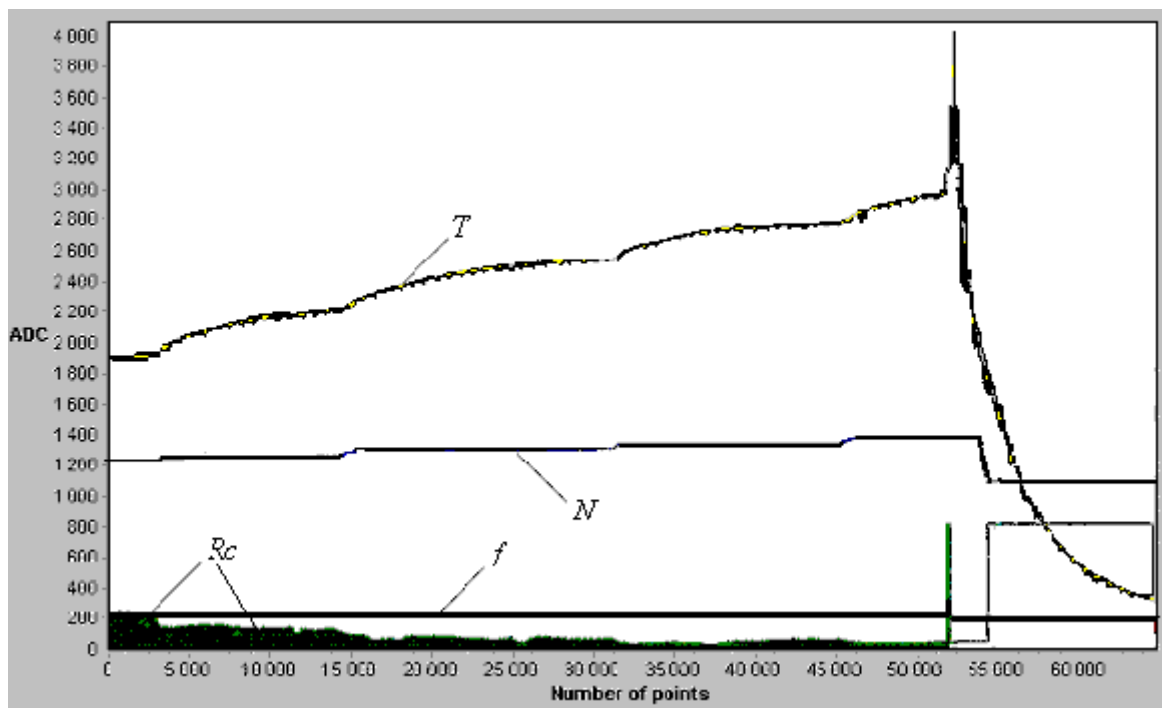


Рис. 4. Зависимость контактного сопротивления R_c , температуры T , коэффициента трения f от нагрузки N в режиме реального времени

Таким образом, экспериментально установлено: а) ГСС инактивного вазелинового масла при жестких нагрузочных режимах испытаний в результате структурных преобразований способен к самоорганизации; б) снижение уровня значений R_c до сопротивления стягивания означает разрушение смазочного слоя, что приводит к схватыванию и задиру поверхностей.

Литература

1. Гаркунов, Д. Анализ изнашивания и избирательного переноса при трении /Д. Гаркунов, Г. Польцер //Эффект безызности и триботехнологии. – 1992. – № 1. – С. 9-12.
2. Короткевич, С.В. Анализ фрикционных и механических свойств граничных смазочных слоёв с использованием методов электрофизического зондирования: автореф. канд. дис. – Гомель, 2002. – 21 с.
3. Кончиц, В.В. Температурные испытания граничных слоев с использованием метода контактного электросопротивления /В.В. Кончиц, Ю.Е. Кирпиченко, С.В. Короткевич //Трение и износ. – 1996. – Т. 17, № 4. – С. 513-526.
4. Сулов, А.Ю. Синтез, физико-химические и трибологические свойства наночастиц трисульфида молибдена: автореф. канд. дис. – Москва: ИНХС РАН, 2004. – 24 с.
5. Анализ триботехнических характеристик антифрикционных присадок к трансмиссионным смазочным материалам с использованием параметров электрофизического зондирования /С.В. Короткевич [и др.] //Трение, износ, смазка. – 2003. – Вып. 19.
6. Короткевич, С.В. Влияние химического состава и структуры оксидных пленок стали на их триботехнические свойства /С.В. Короткевич, А.М. Дубравин, С.М. Мартыненко //Трение и износ. – 2000. – Т. 21, № 5. – С. 518-526.

Получено 02.07.2004 г.